

ANCHO DE TRABAJO ÓPTIMO DE LOS IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS PROGRAMADOS EN VISUAL BASIC

PROGRAMMING EFFECTIVE WORKING WIDTH OF AGRICULTURAL IMPLEMENTS IN VISUAL BASICS

Américo José Hossne García

Apartado Postal 414, 6201-A, Maturín, Estado Monagas, Venezuela, Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, Departamento de Ingeniería Agrícola, Campus Los Guaritos, Maturín, Estado Monagas, Venezuela

Contacto: hossnegarciaamerico@gmail.com

RESUMEN

La metodología de análisis, con el uso de los procesos computarizados, es necesaria para facilitar a los técnicos y productores agropecuarios, mecanismos accesibles para el cálculo de los procesos agrícolas que le proporcionen una mejor toma de decisiones. Esta investigación tuvo como objetivo la creación e implementación de un sistema informático que consistió en presentar a los usuarios del agro, un programa fácil de utilizar para calcular el ancho óptimo de trabajo de los aperos agrícolas utilizando ecuaciones ampliadas y actualizadas. En la metodología se utilizaron los procedimientos económicos aplicados, las relaciones algebraicas y procedimientos programáticos en Visual Basic 6, diagrama de flujo y excel. Los resultados presentan un programa para el cálculo del ancho de trabajo óptimo de aperos agrícolas, utilizando ecuaciones introducidas con un número de parámetros representativos del área; las cuales, pueden ser reemplazadas o ampliadas. Se concluye que el modelo podría ser utilizado como una ayuda para la toma de decisiones en predecir por ejemplo el número de tractores para cubrir una determinada área prevista dentro de una restricción de tiempo o puede ser adoptado para el desarrollo de un programa en caso de operar múltiples unidades de maquinarias agrícolas. El programa es fácil de utilizar, con adquisición del paquete a petición.

Palabras clave: Componentes lógicos, tiempo oportuno de operación, fórmulas de costos, inflación, optimización

ABSTRACT

The methodology for analysis using computer software is necessary to facilitate accessible mechanisms of engineering calculations for decision making by agricultural technicians and farmers. This research aimed at creating and implementing an easy-to-use computer system for farmers to calculate the optimal working width of agricultural implements using extended and updated equations. In the methodology, we used the applied economic procedures, flow diagrams, Excel, and the algebraic relationships and programming procedures of Visual Basic 6. Our results present a program for calculating the effective working width of agricultural implements using equations that were inserted with a number of representative area parameters, which can be replaced or extended. We concluded that the model can be used as a guide for decision making, for example when predicting the number of tractors for a given area with time restrictions, or for developing a program, in the case of multiple units of agricultural machines. The program is easy to use and is available to the public upon request.

Keywords: Logical components, optimal operating time, cost equations, inflation, optimization.



Recibido: 20 de julio del 2016

Aceptado: 12 de noviembre del 2016

ESPAMCIENCIA 7(2): 185-196/2016

INTRODUCCIÓN

El procedimiento para obtener el ancho óptimo de trabajo de un apero agrícola fue introducido por Hunt (1964, 2008) al aplicar un primer diferencial a la ecuación de costo total, para obtener el ancho óptimo o mínimo ancho económico que debe utilizarse para cumplir con todos los parámetros físicos y económicos del proceso productivo. Las ecuaciones utilizadas en este trabajo han sido redefinidas, ampliadas y adaptadas a la realidad venezolana; sin embargo, se considera que en la forma presentada, cualquiera puede modificarlas y adaptarlas al tiempo o área de aplicación. Parte del costo fijo del tractor es incluida en la ecuación de los costos totales, la inflación también es tomada en cuenta en cálculo de los intereses. La toma de decisiones es un complejo proceso de solución de problemas, en donde deben agotarse una serie de etapas sucesivas. Esto es facilitado con el uso de las herramientas más adecuadas. La selección del tamaño del tractor y el equipo es una decisión mayor que afecta la rentabilidad (Oskoui y Witney, 1982).

La realización de una labor agrícola a tiempo, tiempo oportuno de operación, se relaciona contando con los días activos disponibles directamente convenientes. Los factores que determinan el tiempo oportuno de operación son dados por las ecuaciones propuestas para determinar los costos del tiempo oportuno para una labor agrícola (ASAE, 1999; Toro, 2004). El objetivo de este trabajo fue la utilización de ecuaciones redefinidas y adaptadas al campo "venezolano" analizadas con el lenguaje de programación Visual Basic, utilizado por su facilidad de uso, precisión y presentación en el cálculo del ancho óptimo de los aperos agrícolas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los análisis de costos y requerimientos de potencia de la industria agrícola deben ser mucho más completos y amplios que en otros sistemas fabriles, debido a los procesos climáticos, épocas, etc. Es por ello que aquí se incluyen las variables: tiempo oportuno de operación y las relacionadas con ámbito de trabajo. En la metodología se utilizaron los procedimientos económicos aplicados, las relaciones algebraicas en Visual Basic, Excel y diagramas de flujo. La potencia del tractor tiene que ir acorde a las exigencias de las diferentes labores agrícolas; además, por ejemplo, coberturas de los implementos, humedad del suelo, velocidad utilizada en la labor y textura del suelo (ASAE, 1999).

Los costos variables o de operación para el apero (COSVA) en Bs/h-año [5], fue establecido en base al

consumo de lubricantes del apero (COLUA) en Bs/h [2], utilizando el consumo de combustible del tractor (COG) en l/h [1], y reparación y mantenimiento (RMA) en Bs/h-año [4], basado en el porcentaje de reparación y mantenimiento para el apero (PRMA). PG simboliza el precio del gasoil en Bs/l, PTO la potencia en la toma de fuerza del tractor en kW, PIA el precio inicial del apero en Bs, VUA vida útil para el apero en año, NDDL el número de días disponibles para la labor en día/año, NHD el número de horas de trabajo diario en h/día; de acuerdo a la ley, un máximo 60 h/semana para zonas rurales (Hernández, 2013) y TEO el tiempo estimado para la operación en h/año. Edwards (2009) utilizó como criterio para el estimado del consumo de lubricante, un 15% del consumo de gasoil. Los datos de PRMA, PIA, VUA, NDDL, NHD y PTO se incorporan en el Formulario 1 del programa en Visual Basic.

$$\begin{aligned} \text{COG} &= 0,305 * 0,73 * \text{PTO} \text{ en l/h (Grisso et al., 2004; Grisso et al., 2010)} & [1] \\ \text{COLUA} &= \text{COG} * 0,15 * \text{PG (Edwards, 2009)} & [2] \\ \text{TEO} &= \text{NDDL} * \text{NHD} & [3] \\ \text{RMA} &= (\text{PRMA} * \text{PIA}) / (100 * \text{VUA} * \text{TEO}) & [4] \\ \text{COSVA} &= \text{COLUA} + \text{RMA} & [5] \end{aligned}$$

Los costos fijos o indirectos para el apero (COSFA), Bs/año, fueron determinados en base a la depreciación lineal (DLA), Bs/año, la carga total por intereses del apero (CTIA) en Bs/año y los gastos por planta física para el apero (GPFA) en Bs/año. En donde PRA es el precio de rezago del apero en Bs, IPP los intereses por períodos, Bs/período, que se determina en función de los períodos rentarles (PER) que pueden ser, por ejemplo, mensual, trimestral, semestral o anual, y (NP) el número de períodos convenidos en la transacción comercial. ATA representa el área de techumbre para el apero en m², PREMC el precio de la construcción, Bs/m². El costo fijo del apero por ancho de corte (CFAAC) en Bs/m-año se calcula con la ecuación [12] en donde ACT representa el ancho de corte teórico del apero en m. La tasa de interés anual inflacionaria (TIAI), Bs/año, está determinada por la ecuación [6], en donde IIA representa la inflación anual e IA los intereses anuales. Si se desea utilizar el efecto de la inflación en los costos, es necesario colocar el valor de IA e IIA; lo contrario, IIA debe ser cero (0).

$$\begin{aligned} \text{TIAI} &= \text{IIA} + \text{IA} + \text{IIA} * \text{IA (Aching, 2006)} & [6] \\ \text{DLA} &= (\text{PIA} - \text{PRA}) / \text{VUA} & [7] \\ \text{IPP} &= (\text{TIAI} / 12) * (\text{PER}) & [8] \\ \text{CTIA} &= ((\text{PIA} * \text{IPP} / 100)) * \text{NP} & [9] \\ \text{GPFA} &= (\text{ATA} * \text{PREMC}) / \text{VUA} & [10] \\ \text{COSFA} &= \text{DLA} + \text{CTIA} + \text{GPFA} & [11] \\ \text{CFAAC} &= \text{COSFA} / \text{ACT} & [12] \end{aligned}$$

Los costos variables o de operación para el tractor (COSVT), Bs/h·año, fueron determinados en base al consumo de gasoil (COG), Bs/h [1], consumo de lubricante (COLUT) y reparación y mantenimiento del tractor (RMT) en Bs/h. PCOGL representa el porcentaje aplicado al consumo de gasoil para establecer el consumo de lubricantes del tractor. La mano de obra del tractor adjudicada al apero (MOA) en Bs/h, incluyendo prestaciones y canasta básica, en donde SAMA representa el salario total diario del tractorista en Bs/año, PIT es el precio inicial de adquisición del tractor, VUT la vida útil del tractor en año, SADO salario diario del operador en Bs/día, CEBO cesta básica para el operador en Bs/año y VAO vacaciones para el operador en Bs/año.

$$\begin{aligned} \text{CEBO (Bs/año)} &= 45 \text{ (Bs/día)} * \text{NDDL (día/año)} \quad [13] \\ \text{VAO (Bs/año)} &= 15 \text{ (día/año de vacaciones)} * \text{SADO (Bs/día)} \quad [14] \\ \text{SAMA (Bs/año)} &= \text{SADO (Bs/día)} * \text{NDDL (día/año)} + \text{CEBO (Bs/año)} + \text{VAO (Bs/año)} \quad [15] \\ \text{MOA (Bs/h)} &= \text{SAMA (Bs/año)} / \text{TEO (h/año)} \quad [16] \\ \text{COLUT} &= (\text{PCOGL} * \text{COG} * \text{PG}) / 100 \quad [17] \\ \text{RMT} &= (\text{PRMT} * \text{PIT}) / (100 * \text{VUT} * \text{TEO}) \quad [18] \\ \text{COSVT} &= \text{MOA} + \text{COG} * \text{PG} + \text{COLUT} + \text{RMT} \quad [19] \end{aligned}$$

Los costos fijos o indirectos para el tractor (COSFT) adjudicados al apero (en este trabajo), en Bs/año, fueron determinados en base a la depreciación lineal del tractor (DLT), en Bs/año, con la ecuación [20] en donde PRT es el precio de rezago del tractor en Bs; la carga total por intereses del tractor (CTIT), en Bs/año, se calcula con la ecuación [21]; ATT el área de techumbre ocupado por el tractor en m², GPFT gastos por planta física para el tractor en Bs/año. El costo fijo del tractor por ancho de corte (CFTAC) en Bs/m·año asignado al apero se calcula con la ecuación [25], COSFTAA, establece el costo fijo del tractor más el costo fijo del apero en Bs/m·año, para ser incluido en la derivación de la ecuación del ancho de corte óptimo. La ecuación [26], COSTT, registra los costos totales del tractor.

$$\begin{aligned} \text{DLT} &= (\text{PIT} - \text{PRT}) / \text{VUT} \quad [20] \\ \text{CTIT} &= (\text{PIT} * \text{IPP} * \text{NP}) - \text{PIT} \quad [21] \\ \text{GPFT} &= (\text{ATT} * \text{PREMC}) / \text{VUT} \quad [22] \\ \text{COSFT} &= (\text{DLA} + \text{CTI} + \text{GPFA}) * (\text{NDDL} / 365) \quad [23] \\ \text{CFTAC} &= \text{COSFA} / \text{ACT} \quad [24] \\ \text{COSFTAA} &= \text{CFAAC} + \text{CFTAC} \quad [25] \\ \text{COSTT} &= \text{COSFT} + \text{COSVT} * \text{TEO} \quad [26] \end{aligned}$$

La ecuación [27] permite el cálculo de la pérdida por dilación de la labor o tiempo oportuno de operación (PCO) en Bs/h·año, Toro (2004) introdujo una ecuación para el cálculo de PCO en donde incluyó en el denominador un factor Z igual a 4 si la operación se efectuaba en el tiempo estipulado y 2 si la operación

se efectuaba adelantada o retrasada. Los parámetros componentes son: el coeficiente operacional agrícola (COOA) en h⁻¹, rendimiento (REN) en kg/ha, precio de la cosecha (PP) en Bs/kg, capacidad de campo efectiva (CE) en ha/h, determinada con la Ecuación 28, y probabilidad para el día de trabajo (PD) en decimales.

$$\begin{aligned} \text{PCO} &= \frac{\text{COOA} * \text{AR}^2 * \text{REN} * \text{PP}}{\text{TO} * \text{CE} * \text{PD}} \quad (27) \\ \text{CE} &= \frac{\text{U} * \text{ACT} * \text{EF}}{100} \quad (\text{Hunt, 1964, 2008; Hossne, 2004, 2006}) \quad (28) \end{aligned}$$

Sørensen (2003) utilizó una ecuación para el cálculo de la capacidad de campo efectiva en función de catorce variables, en donde incluyó en especial, velocidad, área, rendimiento y número de vueltas.

Los costos indirectos de maquinaria se pueden reducir a través de efectos de los tiempos oportunos de operación; es decir, la reducción en el rendimiento del cultivo y la calidad causada por la programación ineficiente de las operaciones de maquinarias, organización del trabajo y la utilización óptima de maquinaria son elementos esenciales para lograr la reducción de gastos, que requieren cuantificaciones detalladas de trabajabilidad y rendimiento de la máquina. La predicción de la cantidad de horas de recolección viables bajo diferentes condiciones climáticas, a diferentes umbrales de humedad, y para diferentes localidades. Describir los efectos potenciales de las diferentes opciones de incentivos económicos. Independientemente de maduración de los cultivos, la dispersión de los períodos de maduración, tiempo de cosecha, y la eficiencia de la maquinaria afectan a todos en el campo de la organización del trabajo y el tamaño óptimo de la maquinaria y puede reducir la demanda de capacidad y costes considerablemente (Sørensen, 2003).

Para poder encontrar los valores óptimos del ancho de corte de un apero agrícola fue necesario expresar la ecuación de los costos totales para el apero en función del ancho de corte del apero. Cada término de la ecuación debería poseer la cuantificación ACT. La ecuación se conformó con algunos parámetros aplicables a Venezuela y posiblemente en otros países, los costos se expresan en función de ACT, al cual se le da un valor inicial para el cálculo de los costos fijos en Bs/m·año. La ecuación [29] permite calcular el costo total del apero (COSTA) en Bs/año, en función de los costos fijos del apero más del tractor (adjudicado al apero) por ancho de corte (COSFTAA) en Bs/m·año, área de producción (AR) en ha, velocidad del equipo tractor-implemento (U) en km/h, eficiencia (EF) en %, costos variables del implemento (COSVA) en Bs/h·año, costos variables del tractor adjudicado al implemento (COSVT) Bs/h·año,

MOA y pérdida por retraso del proceso (PCO) en Bs/h·año.

$$COSTA = COSFTAA \cdot ACT + \left(\left(\frac{100 \cdot AR}{U \cdot ACT \cdot EF} \right) \cdot COSVA \right) + \left(\left(\frac{100 \cdot AR}{U \cdot ACT \cdot EF} \right) \cdot (COSVT + MOA + PCO) \right) \quad (29)$$

La ecuación [30] se obtuvo de la [29] por diferenciación y optimización permitiendo determinar el ancho de corte óptimo del apero (ACO) en m, que debe utilizarse para cumplir con todos los parámetros físicos y económicos del proceso productivo. La ecuación [28] está adaptada al área con la introducción de nuevas variables.

$$ACO = \sqrt{\left(\frac{1000 \cdot AR}{U \cdot EF \cdot COSFTAA} \right) \cdot (COSVA + COSVT + MOA + PCO)} \quad (30)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 presenta el diagrama de flujo del sistema utilizado que muestra una forma esquemática de representar los procesos y conceptos en relación. Se observa que el procedimiento se basó en tres formularios: Formulario 1 para evaluar los costos del apero (Figura 2), Formulario 2 para determinar los costos del tractor con apero (Figura 3) y la figura 4 que muestra el formulario 3 para calcular el ancho óptimo de corte del apero (Mendez, 2013; Yousif *et al.*, 2013).

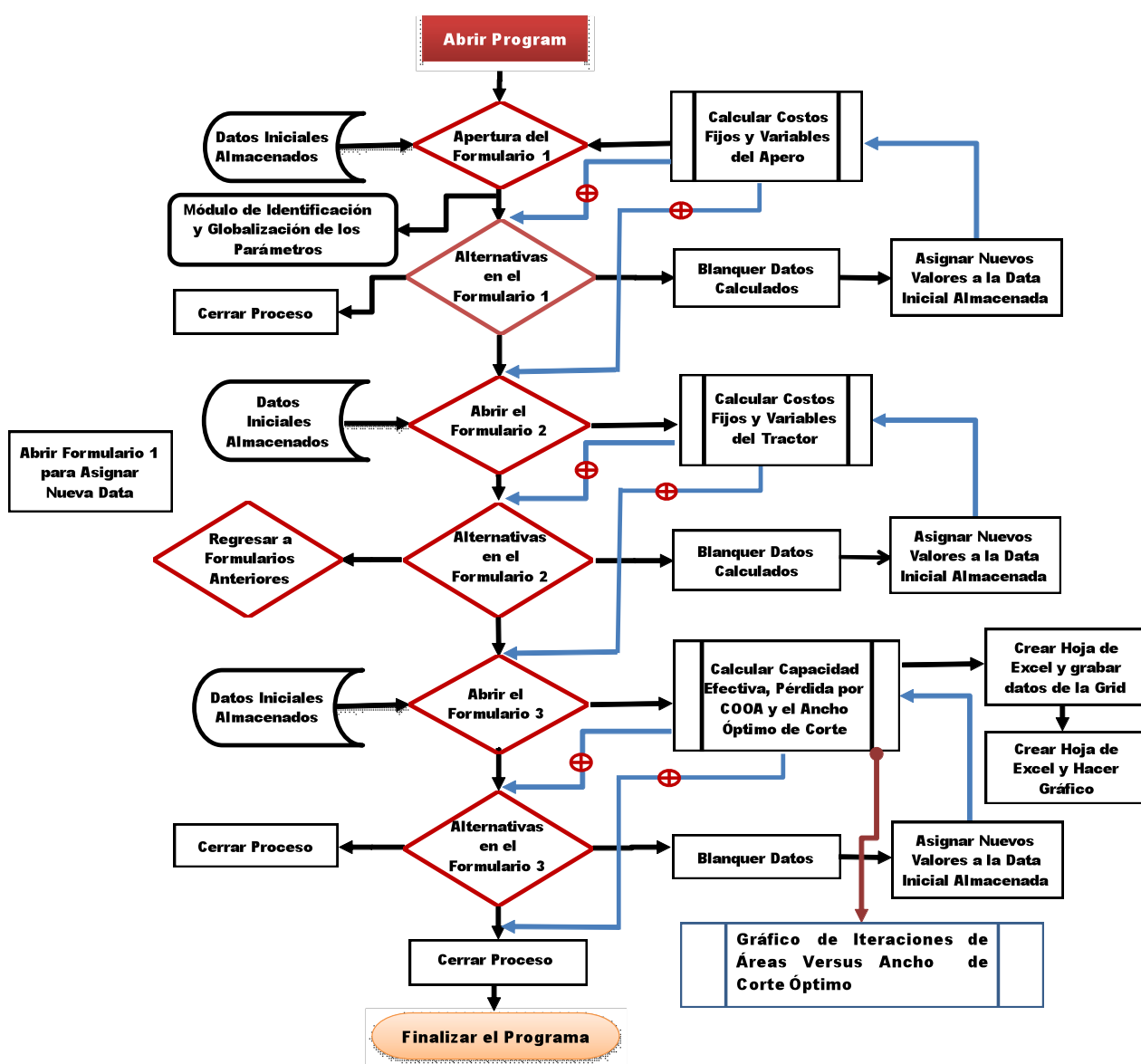


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso en Visual Basic desarrollada

Desarrollo del programa en Visual Basic

En los formularios aparece la divisa bolívares (Bs); pero se puede utilizar cualquiera. Sólo agregue el valor escogido en las cuadrículas pertinente del formulario. En el Formulario 1 a cada cuadrícula se le notifica la Ecuación (Ec). Los símbolos Rem y (‘) son comentarios no procesables en el programa.

Rem ABRIR EL PROGRAMA

Rem Comenzar con el Formulario 1 para el cálculo de los costos ‘fijos y variables del apero

Private Sub cmdProcesarCalculos_Click() ‘Inicial cálculo de los costos para el apero

Figura 2. Rem Formulario 1 de Visual Basic para el cálculo de los costos fijos y variables del apero

Rem Crear las cuadrículas en el formulario 1 de los valores ‘iniciales para el apero: PIA, PRA, VUA, IIA, IA, PER, NP, ATA, PREMC, ACT, ‘PTO, PG, NDDL, NHD y PRMA. Los valores de cada parámetro se agregan ‘o cambian en cada cuadrícula

PIA=Val(TXTPrecioInicialApero(1)) ‘Cuadrícula para PIA. Cualquier divisa o moneda [4]

PRA=Val(TXTPrecioRezagoApero(2)) ‘Cuadrícula para PARA [7]

VUA=Val(TXTVidaUtilApero(3)) ‘Cuadrícula para VUA [4]

IIA=Val(TXTInflacion(4)) ‘Cuadrícula para IIA [6]

IA=Val(TXTInteres(5)) ‘Cuadrícula para IA [6]

PER=Val(TXTPeriodo(6)) ‘Cuadrícula para PER [8]

NP=Val(TXTNumeroPeriodo(7)) ‘Cuadrícula para NP [9]

ATA=Val(TXTTechumbreApero(8)) ‘Cuadrícula para ATA [10]

PREMC=Val(TXTPrecioMetroConstruccion(14)) ‘Cuadrícula para PREMC [10] y [22]

ACT=Val(TXTAnchoCorteTeorico(9)) ‘Cuadrícula para ACT, declarada pública [12]

PTO=Val(TXTPotenciaTomaFuerza(10)) ‘Cuadrícula para PTO [1]

PG=Val(TXTPrecioGasoil(11)) ‘Cuadrícula para PG [2]

NDDL=Val(TXTDiaPorAño(12)) ‘Cuadrícula para NDDL [3]

NHD=Val(TXTHoraPorDia(13)) ‘Cuadrícula para NHD [3]

PRMA=Val(txtPorcentajeReparacionApero(21)) ‘Cuadrícula para PRMA [4]

Rem Calcular costos fijos para el apero

DLA=(PIA-PRA)/VUA ‘Depreciación lineal en Bs/año

TIAI=IIA+IA+IIA*IA ‘Carga por intereses inflados en Bs/año [6] Si IIA=0, IA= TIAI

IPP=(TIIA/12)*PER ‘Intereses por períodos [8]

CTIA=(PIA*IPP/100)*NP ‘Carga total por intereses del apero [9]

GPFA=ATA*PREMC/VUA ‘Gastos por planta física para el apero [10]

COSFA=DLA+CTIA+GPFA ‘Costos fijos o indirectos para el apero [11]

CFAAC=COSFA / ACT ‘Costos fijos del apero por ancho de corte [12]

Rem Calcular costos variables para el apero

COG=0.305*0.73*PTO ‘Consumo de combustible del tractor [1]

COLUA=COG*0.15*PG ‘Consumo de lubricante del apero [2]

TEO=NDDL*NHD ‘Tiempo estimado para la labor [3]

RMA=(PRMA*PIA)/(100#*VUA*TEO) ‘Reparación y mantenimiento del apero [4]

COSVA=COLUA+RMA ‘Costos variables del apero [5]

Rem Presentar resultados en el Formulario 1

txtDLA(15)=DLA ‘Cuadrícula para DLA y asignarle valor calculado

txtInteresTotalApero(16)=TIAI ‘Cuadrícula para TIAI y asignarle valor calculado

txtInteresPorPeriodo(17)=IPP ‘Cuadrícula para IPP y asignarle valor calculado

txtCargaTotalInteresApero(18)=CTIA ‘Cuadrícula para CTIA y asignarle valor calculado

txtCostoFijoApero(19)=COSFA ‘Cuadrícula para COSFA y asignarle valor calculado

txtCostoFijoPorAncho(20)=CFAAC ‘Cuadrícula para CFAAC y asignarle valor calculado

txtCostoVariableApero(22)=COSVA ‘Cuadrícula para COSVA y asignarle valor calculado

End Sub ‘Finalice los cálculos de los costos del apero

Rem Para poder procesar con nuevos valores de los parámetros ‘conocidos, blanquear los datos calculados. así se gana espacio y ‘memoria. al estar limpias las cuadrículas, puede asignar valores a ‘los parámetros, y hacer nuevas evaluaciones de los costos totales ‘para el apero.

Private Sub cmdBlanquearDatosApero_Click() ‘Limpiar las cuadrículas del Formulario 1 de los ‘costos del apero utilizando el botón de comando “blanquear datos del apero”


```
txtDLA[15]= "" 'Limpiar cuadrícula de DLA
txtInteresTotalApero[16]= "" 'Limpiar cuadrícula de TIAI
txtInteresPorPeriodo[17]= "" 'Limpiar cuadrícula de IPP
txtCargaTotalInteresApero[18]= "" 'Limpiar cuadrícula de CTIA
txtCostoFijoApero[19]= "" 'Limpiar cuadrícula de COSFA
txtCostoFijoPorAncho[20]= "" 'Limpiar cuadrícula de CFAAC
txtCostoVariableApero[22]= "" 'Limpiar cuadrícula de COSVAEnd Sub 'Finalice el blanqueo o limpiado de las cuadrículas con botón de comando 'cmdBlanquearDatoApero
```

Rem Cerrar todo el proceso de cálculo o finalizar proceso de cálculo

```
Private Sub cmdCerrarTodoProceso_Click() 'Cerrar todo el proceso si así lo desea
Beep 'Señal
Beep 'Señal
If MsgBox("¿DESEA SALIR?", 36, "COSTOS APERO") = 6 Then 'Pregunta preventiva de 'salida
Beep 'Señal
Beep 'Señal
End 'Final de señal
End If 'Finalizar
End Sub 'Salir
```

Como se muestra en la figura 3 el Rem Mostrar Formulario 2 es para el cálculo de los costos del tractor. esto se logra con el botón de comando que aparece en el Formulario 1 titulado "mostrar el cálculo de los costos del tractor", con el comando siguiente:

```
Private Sub cmdMostrarFormulario2_Click() 'Abrir Formulario 2
frmAnchoOptimo2.Show
End Sub 'Salir
```

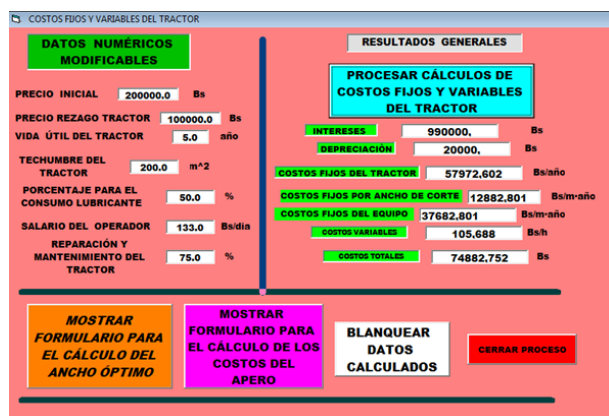


Figura 3. Rem Formulario 2 de Visual Basic para el cálculo de los costos fijos y variables del tractor

Rem Nomenclatura:

- 'PIT= Precio inicial del tractor. Bs/año
- 'PRT = Precio de rezago del tractor. Bs
- 'VUT = Vida útil del tractor. año
- 'DLT = Depreciación por el método lineal del tractor. Bs/año
- 'TIA = Tasa de interés anuales. %/año
- 'PCOGL= Porcentaje aplicado al consumo de gasoil para establecer 'el consumo de lubricantes del tractor
- 'COG = Consumo de gasoil. Bs/h
- 'ATT= Area de Techumbre para el Tractor
- 'PCOGL = Porcentaje de Consumo de Lubricante para el tractor
- 'SADO = Salario del Operador
- 'PRMT = Porcentaje de Reparacion y Mantenimiento del Tractor

Rem Comenzar a realizar los diferentes cálculos

```
Private Sub cmdProcesarCalculos_Click() 'Comenzar cálculos para los costos del tractor
```

Rem Colocar la información necesaria en las cuadrículas

```
PIT=Val(txtPrecioInicialTractor) 'Cuadrícula para PIT [20][21].
PRT=Val(txtPrecioRezagoTractor) 'Cuadrícula para PRT [20]
VUT=Val(txtVidaUtilTractor) 'Cuadrícula para VUT [20][22].
ATT=Val(txtAreaTechumbreTractor) 'Cuadrícula para ATT [22].
PCOGL=Val(txtPorcentajeConsumoLubricante) 'Cuadrícula para PCOGL [17].
SADO=Val(txtSalarioOperador) 'Cuadrícula para SADO [15].
PRMT =Val(txtPorcentajeReparacionMantenimientoTractor) 'Cuadrícula para PRMT [18].
```

Rem Calcular los costos fijos del tractor utilizados por el apero. se 'logra con el botón de comando en el Formulario 2 que dice: 'procesar cálculos de los costos fijos del tracto

- $DLT=(PIT - PRT) / VUT$ 'Cálculo de la depreciación lineal del tractor [20].
- $CTIT=(PIT * IPP / 100) * NP$ 'Cálculo de la carga total por los intereses del tractor [21].
- $GPFT=ATT * PREMC / VUT$ 'Gastos por planta física para el tractor [22].
- $COSFT=(DLT + CTIT + GPFT) * (NDDL / 365)$ 'Costos fijos adjudicados al apero [23]
- $CFTAC=COSFT/ACT$ 'Costos fijos del tractor por ancho de corte [24]
- $COSFTAA = CFAAC + CFTAC$ 'Costos fijos por ancho de corte del tractor y apero [25]

Rem Calcular los costos variables del tractor asignados al apero

COLUT=PCOGL*COG*PG/ 100 'Consumo de lubricante del tractor [17]

VAO = 15*SADO 'Vacaciones operador [14]

CEBO=45*NDDL 'Sesta básica o alimentaria del operador [13]

SAMA=SADO*NDDL + CEBO + VAO 'Salario operador [15]

MOA = SAMA / TEO 'Mano de obra del tractor asignada al apero. [16]

RMT = (PRMT * PIT) / (100 * VUT * TEO) 'Reparación y mantenimiento [18]

COSVT = MOA + COG * PG + COLUT + RMT 'Costos variables del tractor [19]

COSTT = COSFT + COSVT * TEO 'Costos totales del tractor [26]

Rem Presentar resultados en el Formulario 2 de los costos del tractor

txtInteresesTotales = CTIT

txtDLT = DLT

txtCostoFijoTractor = COSFT

txtCostoFijoAnchoCorte = CFTAC

txtCostoFijoEquipo = COSFTAA

txtCostoVariableTractor = COSVT

txtCostoTotalTractor = COSTT

End Sub 'Salida de los cálculos para el tractor

Rem Para poder procesar con nuevos valores de los parámetros 'conocidos, blanquear datos. así se gana espacio y memoria.

Private Sub cmdBlanquearDatos_Click() 'Limpiar las cuadrículas del Formulario 2 de los 'costos del tractor utilizando el botón de comando "Blanquear datos

calculados"

txtDLT= "" 'Limpiar cuadrícula de DLT

txtInteresesTotales= "" 'Limpiar cuadrícula de CTIT

txtCostoFijoTractor= "" 'Limpiar cuadrícula de COSFT

txtCostoVariableTractor= "" 'Limpiar cuadrícula de COSVT

txtCostoTotalTractor= "" 'Limpiar cuadrícula de COSTT

txtCostoFijoEquipo="" 'Limpiar cuadrícula de COSFTAA

txtCostoFijoAnchoCorte = "" 'Limpiar cuadrícula de CFTAC

End Sub 'Salir

Rem Cerrar el proceso totalmente

Private Sub cmdCerrarProceso_Click()'Cerrar todo el proceso si así lo desea

Beep 'Señal sonora

Beep 'Señal sonora

If MsgBox("¿desea salir?", 36, "Ancho óptimo de aperos") = 6 Then 'Pregunta 'preventiva de 'salida

Beep 'Señal sonora

Beep 'Señal sonora

End If 'Finalizar

End Sub 'Salir del blanqueo de los cálculo de los costos del tractor. Posible nuevo recálculo.

Rem Mostrar el tercer formulario para cálculo de pérdidas 'utilizando el coeficiente operacional agrícola (coa) y el cálculo 'del ancho óptimo del apero

Private Sub cmdMostrarFormulario3_Click() 'Abrir Formulario 3

frmAnchoOptimo3.Show

End Sub ' Salir

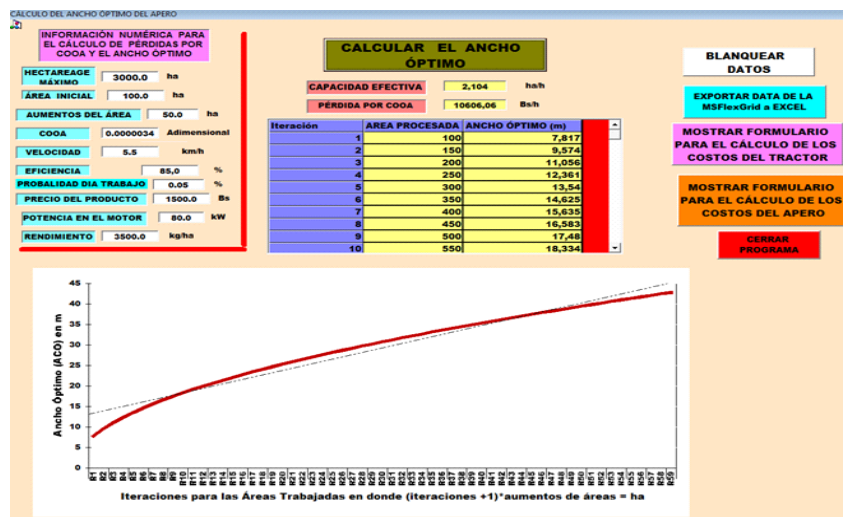


Figura 4. 'Formulario 3 de visual Basic para el cálculo del coeficiente operacional agrícola, pérdidas por el 'tiempo perdido y creación del cuadro de los valores del ancho óptimo del apero en función de 'los costos y las áreas productivas.

Rem Cálculo de pérdidas por COOA y el ancho óptimo de corte del apero

Rem Nomenclatura

‘PCO=Perdidas debido a COOA. Bs/h
 ‘REN=Rendimiento del producto sembrado. kg/ha
 ‘PP=Precio en el mercado del producto cosechado. Bs/kg
 ‘PD=Probabilidad del día de trabajo. Adimensional
 ‘AR =Área procesada por año. ha/año
 ‘ARaumento=Aumentos escalonados de AR para calcular a ACOT
 ‘COOA= Coeficiente operacional agrícola. 1/h
 ‘ACO = Ancho óptimo de trabajo. m
 ‘U = Velocidad de trabajo. km/h
 ‘EF= Eficiencia. %
 ‘COFTAA= Costos fijos del implemento por ancho de corte. Bs/m-año
 ‘COSVT = Costos variables del tractor utilizado. Bs/h
 ‘COSVA = Costos variables del apero. Bs/h
 ‘Hectareage = Máximo número de hectáreas analizadas. ha

Rem Activar calculos necesarios al procesar el formulario para el cálculo de aco

Private Sub cmdCalcularAnchoOptimo_Click()

‘Configurar La GRID dinámica para almacenar los valores temporalmente

MSFlexGrid.ACO.Rows = 1 `Hileras de la cuadrícula 0
 MSFlexGrid.ACO.Row = 0
 MSFlexGrid.ACO.Col = 0
 MSFlexGrid.ACO.Text = “Iteración” `Texto de la columna 0
 MSFlexGrid.ACO.Col = 1
 MSFlexGrid.ACO.Text = “AREA PROCESADA (ha)” `Texto de la columna 1
 MSFlexGrid.ACO.Col = 2 `Hileras de la cuadrícula 2
 MSFlexGrid.ACO.Text = “ANCHO ÓPTIMO (m)” `Texto de la columna 2
 MSFlexGrid.ACO.ColWidth(0) = 2000 `Hileras de la columna 0 que se puede aumentar
 MSFlexGrid.ACO.ColWidth(1) = 2100 `Hileras de la columna 1 que se puede aumentar
 MSFlexGrid.ACO.ColWidth(2) = 2500 `Hileras de la columna 2 que se puede aumentar

Rem Leer información necesaria para el proceso en el tercer formulario para el cálculo de aco

REN = Val(txtRendimiento) ‘Crear cuadrícula para REN para asignar valor [27]
 PP = Val(txtPrecioProducto) ‘Crear cuadrícula para PP para asignar valor [27]
 AR = Val(txtAreaInicial) ‘Crear cuadrícula para AR

para asignar valor [27]

PD = Val(txtProbabilidadDiaTrabajo) ‘Crear cuadrícula para PD asignar valor [27]

COOA = Val(txtCooa) ‘Crear cuadrícula para COOA para asignar valor [27]

Hectareage = Val(txtHectareage) ‘Crear cuadrícula para número de hectáreas

U = Val(txtVelocidad) ‘Crear cuadrícula para U para asignar valor

PO = Val(txtPotenciaMotor) ‘Crear cuadrícula para PO para asignar valor

EF = Val(txtEficiencia) ‘Crear cuadrícula para EF para asignar valor

ARaumento = Val(txtARaumento) ‘Crear cuadrícula de ARaumento para asignar valor

Tamaño = Hectareage / ARaumento ‘Tamaño del cuadro de valores

ReDim VectorArea(Tamaño) ‘Dimensionamiento del cuadro de valores

ReDim VectorAR(Tamaño) ‘Dimensionamiento del cuadro de valores

ReDim VectorACO(Tamaño) ‘Dimensionamiento del cuadro de valores

Rem Calcular la pérdida debido a cooa

CE = (U * ACT * EF) / 1000

PCO = (COOA * AR * AR * REN * PP) / (TEO * CE * PD)

txtPerdidaCooa = Format(PCO, “#.###”) ‘Mostrar a PCO en el Formulario 3

txtCapacidadEfectiva = Format(CE, “#.###”) ‘Mostrar a CE en el Formulario 3

Rem Crear la gráfica MSChart LLAMADA g1. Empezar las iteraciones para ‘aco y almacenar la información en la MSFlexGrid

I = 0

Do While AR < Hectareage + ARaumento ‘Empezar las iteraciones para el cálculo por hectáreas

I = I + 1 ‘Desde I igual a uno

ACO = Sqr((1000# * AR / (U * EF * COSFTAA)) * (COSVA + COSVT + MOA + PCO))

MSFlexGrid.ACO.Rows=MSFlexGrid.ACO.Rows + 1 ‘Incrementar Numero de filas

MSFlexGrid.ACO.Row=MSFlexGrid.ACO.Rows-1 ‘Ubicar la fila a llena

MSFlexGrid.ACO.Col = 0 ‘Numero de Iteración

MSFlexGrid.ACO.Text = I

MSFlexGrid.ACO.Col = 1 ‘Area producida (ha)

MSFlexGrid.ACO.Text = AR

g1.Column = MSFlexGrid.ACO.Col ‘1


```
MSFlexGridACO.Col = 2 'Ancho óptimo (m)
MSFlexGridACO.Text = ACO
MSFlexGridACO.Text = Format(ACO, "#.###")
g1.RowCount = g1.RowCount + 1 'Agregar valor a la gráfica g1
g1.Row = I 'Agregar valor a la gráfica g1
g1.Data = ACO 'Agregar valor a la gráfica g1
```

```
AR = AR + ARAumento
Loop 'Iterar hasta AR más aumento de AR
g1.Refresh 'Refresque la gráfica g1 para agregar nuevos valores
End Sub 'Al cumplir con (Hectareage + ARAumento) finalizar cálculos de PCO, EF y COOA
```

Rem Exportar la data de la grid a una hoja de excel, y luego en otra hoja de excel para graficar los datos

```
Private Sub cmdExportarExcel_Click() 'Utilizar el botón commando que dice: Exportat Data De 'La MSFlexGrid a EXCEL
Call Exportar_MSFlexGridACO(App.Path & "\excelDataMSFlexGridACO.xls", MSFlexGridACO) 'Activar la subrutina Exportar
End Sub
```

Rem Función para crear un nuevo libro de excel con el contenido del 'MSFlexGrid

```
Public Function Exportar_MSFlexGridACO(sOutputPath As String, flexgrid As Variant) As Single
On Error GoTo Error_Handler
```

```
Dim o_Excel As Object 'Dimensional Excel
Dim o_Libro As Object 'Dimensional el libro de Excel
Dim o_Hoja As Object 'Dimensional la hoja de Excel
Dim File As Single 'Dimensional las filas de Excel
Dim Column As Single 'Dimensional las columnas de Excel
```

'Crea el objeto Excel, el objeto workBook y el objeto sheet

```
Set o_Excel = CreateObject("Excel.Application")
Set o_Libro = o_Excel.Workbooks.Add
Set o_Hoja = o_Libro.Worksheets.Add
```

'Bucle para Exportar los datos

```
With flexgrid
For File = 1 To .Rows - 1
For Column = 0 To .Cols - 1
If Column = 2 Then
```

```
o_Hoja.Cells(File, Column + 1).Value = Int(.TextMatrix(File, Column)) + (.TextMatrix(File, Column) - Int(.TextMatrix(File, Column)))
```

```
Else
o_Hoja.Cells(File, Column + 1).Value = .TextMatrix(File, Column)
End If
Next
Next
End With
o_Libro.Close True, sOutputPath
o_Excel.Quit 'Cerrar Excel
```

```
Call ReleaseObjects(o_Excel, o_Libro, o_Hoja) 'Terminar instancias
Exportar_MSFlexGridACO = True
Exit Function
```

Error_Handler: 'Controlador de Errores

```
If Not o_Libro Is Nothing Then: o_Libro.Close False
'Cierra la hoja y la aplicación 'Excel
If Not o_Excel Is Nothing Then: o_Excel.Quit
Call ReleaseObjects(o_Excel, o_Libro, o_Hoja)
If Err.Number <> 1004 Then MsgBox Err.Description, vbCritical
```

End Function 'Finalice la función control de errores

'Eliminar objetos para liberar recursos

```
Private Sub ReleaseObjects(o_Excel As Object, o_Libro As Object, o_Hoja As Object)
If Not o_Excel Is Nothing Then Set o_Excel = Nothing
If Not o_Libro Is Nothing Then Set o_Libro = Nothing
If Not o_Hoja Is Nothing Then Set o_Hoja = Nothing
End Sub
```

Rem Para poder procesar con nuevos valores de los parámetros 'conocidos. así se gana espacio y memoria

```
Private Sub cmdBlanquearDatos_Click()
g1.RowCount = 0 'El contaje se encera
MSFlexGridACO.Rows = 1 'Empezar de nuevo en 1
txtPerdidaCooa = "" 'Se vacía pérdida por COOA
txtCapacidadEfectiva = "" 'Se vacía capacidad efectiva
```

End Sub 'Finalice el vaciado

Rem MOSTRAR EL FORMULARIO PRINCIPAL

```
Private Sub Form_Click()
frmAnchoOptimo.Visible = True
Unload Me 'Invisibilizar al formulario secundario
```

End Sub

Rem Invisibilizar el formulario 3 para el cálculo de cooa y aco

Private Sub Form_Load()

frmAnchoOptimo3.Visible = False

End Sub

Rem Cerrar el proceso totalmente con el comando correspondiente

Private Sub cmdCerrarFormularioDos_Click()

Beep 'Señal sonora

Beep 'Señal sonora

If MsgBox("¿desea salir?", 36, "ancho óptimo de aperos") = 6 Then

Beep 'Señal sonora

Beep 'Señal sonora

End

End If

End Sub

Rem Mostrar el primer formulario 1

Private Sub cmdMostrarFormulario1_Click()

frmAnchoOptimo1.Show

End Sub 'Finalizar Sub cmdMostrarFormulario1_Click()

Rem Mostrar el formulario 2

Private Sub cmdMostrarFormulario2_Click()

frmAnchoOptimo2.Show

End Sub 'Finalizar Sub cmd para mostrar Formulario2
Fin total del programa

La figura 4 muestra el gráfico obtenido al crear la hoja de Excel de acuerdo al diagrama de flujo. Se observa la ecuación. Se distingue que la demanda del ancho de cobertura del implemento es de importancia de acuerdo al área de trabajo para poder cumplir económica y potencialmente el proceso. Los tiempos oportunos de las operaciones exponen las condiciones y establecen que el ancho de corte óptimo crece exponencialmente. Las diferencias causarían situaciones por ejemplo en el momento de la cosecha que está establecida para cada área de explotación. Estos costos varían no sólo entre los cultivos, pero con la operación realizada en un cultivo determinado. La identificación se complica aún más por los patrones climáticos impredecibles. Las buenas prácticas

de gestión, incluyendo el mantenimiento de maquinaria de rutina y correcto funcionamiento, sin duda, reducen los costos en los tiempos oportunos de operación. Dalsted (2008) manifestó que los costos asociados con la puntualidad en el empleo de maquinarias son extremadamente difíciles de identificar. El modelo contiene los datos relacionados con las máquinas y tractores con su potencia disponible, las condiciones del suelo, tipos de suelo, las velocidades típicas de campo, eficiencia en el campo, la unidad de tiro por ancho del implemento, datos económicos, que incluyen el precio unitario de compra, el valor de retorno, la vida económica de la máquina, los factores de inversión, tiempos oportunos, los costos variables (tales como el factor tiempo oportuno de operación, la utilización de la fracción del tiempo total, valor de rendimiento bruto y el factor de planificación), cálculo del tamaño de la finca y el costo de uso del tractor (Chen, 1987).

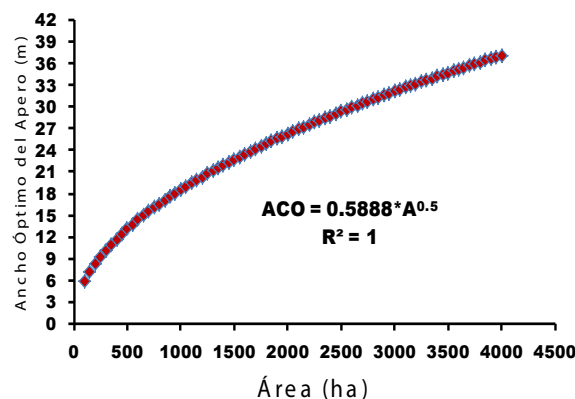


Figura 4. Ancho óptimo del apero versus el área de uso.

Existen variados programas y métodos en los procesos de aplicación en maquinarias agrícolas publicados, no se encontraron en Visual Basic aplicados al área agrícola, los hallados fueron con otras metodologías: Mera y Vera (2016) utilizaron en su trabajo la herramienta Power Designer 15.0 y Visual Studio 2008, Reveles y Vázquez (2008) presentaron un programa en automatización de un Invernadero con el PLC S7-200, Alexander *et al.* (2004) presentaron un método para el diseño, construcción y evaluación de sembradora semi-mecánica de chuzo para maíz, Grisso *et al.* (2004, 2010) ofrecieron la aplicación de una fórmula que relaciona el consumo de gasoil y la potencia del tractor, William (2015) introdujo procedimientos para estimar costos en maquinarias agrícolas y Basil *et al.* (2014) presentaron un modelo escrito en lenguaje Quick-Basic para PC.

CONCLUSIONES

El modelo podría ser utilizado como una ayuda para la toma de decisiones en predecir el número de tractores para cubrir una determinada área prevista dentro de una restricción de tiempo o puede ser adoptado para el desarrollo de un programa en caso de operar múltiples unidades de maquinarias agrícolas.

El cálculo del ancho óptimo de un apero agrícola se determina en base a muchos parámetros que constriñen los procesos agrícolas. Las ecuaciones pueden ser adaptadas y permitir la inclusión de nuevas variables.

El programa es fácil de utilizar con alta precisión, con

adquisición del paquete a petición, sin la necesidad de conocimiento en programación Visual Basic ni contar con la instalación del programa.

El programa puede ser fácilmente mejorado, aplicado de acuerdo al área y transformado para otras aplicaciones. Esto se logra con sólo revisar las ecuaciones empleadas; notando, que están conformadas por variables fijas y variables alterables, que varían en el tiempo y lugar. Si existe alguna variable que no aparece, incorporarla de acuerdo a su variabilidad.

AGRADECIMIENTOS

El autor está agradecido a la Universidad de Oriente de Venezuela por su soporte en esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Aching G.C. 2006. Matemáticas financieras para toma de decisiones empresariales, Edición electrónica gratuita. Texto completo en www.eumed.net/libros/2006b/cag3/. ISBN 84-689-9346-8. Número de registro 06/47602. 306 p.
- Alexander, H.S.P.; Menjivar, P.M.E. y Gomez, U.R.E. 2004. Diseño, construcción y evaluación de sembradora semi mecánica de chuzo para maíz (*Zea mays*)". Requisito para Optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de El Salvador Facultad de Ciencias Agronómicas. San Salvador. 70p.
- ASAE (Agricultural Machinery Management). 1999. ASAE EP496.2 DEC99. ASAE-The Society for engineering in agricultural, food, and biological systems 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI 49085-9659, USA ph. 616-429-0300, fax 616-429-3852, hq@asae.org.
- Basil, O.A.; Felicia, O.A. and Akhire, B.C.N. 2014. Model developed for farm tractors and implements selection for optimum utilization. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS)* 5(4): 248-255
- Chen, L.H. 1987. A microcomputer model for selection of machines and tractors. Paper, American Society of Agricultural Engineers, ASAE Papel. 87-1050
- Dalsted, N. 2008. The Cost of Owning and Operating Farm Machinery. Agriculture & Business Management Notes. Colorado State University, U.S. Department of Agriculture and Colorado Counties Cooperating. Dept. of Ag. & Resource Economics, CSU (970)-491-5627.
- Edwards W. 2009. Estimating Farm Machinery Costs. File A3-29. PM-710. Ag Decision Maker. Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa. wedwards@iastate.edu. 15 p.
- Grisso, R.D.; Kocher, M.F. and Vaughan, D.H. 2004. Predicting tractor fuel consumption. *Biological Systems Engineering: Papers and Publications*. 20(5): 553-561.
- Grisso, R.; Perumpral, J.V.; Roberson, G.T. and Pitman, R. 2010. Predicting Tractor Diesel Fuel Consumption. Produced by Communications and Marketing, College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University. Publication 442-073. www.ext.vt.edu. 10 p.
- Hernández, A.R. 2013. Salario Mínimo Nacional y Canasta Básica Familiar. Notas Laborales. notaslaborales@gmail.com. Mensajes: 0414-341 3641. Consultado 15 de mayo 2013. 3 p.

- Hossne, G.A.J. 2004. Las rastras a disco, características ingenieriles, agronómicas y sus implicaciones físicas en el Nororiente de Venezuela. UDO Agrícola. 4(1): 53-65
- Hossne, G.A.J., Páez, J.; García, V. y Estrada, M. 2006. Evaluación ingenieril, agronómica y económica de la labranza cero en Venezuela. UDO Agrícola. 6(1): 47-59.
- Hunt, D.R. 1964. Farm power and machinery management. 4th ed. Ames, Iowa State University Press.
- Hunt, D.R. 2008. Farm power and machinery management. Waveland Press. Long Grove, Ill. 10th edition. 368 p.
- Mendez, A.P. 2013. ExploMaq, software para la evaluación energética y económica de la maquinaria agrícola. Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrícola. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agrícola. 7 p.
- Mera A.C.M. y Vera D.V. 2016. Sistema informático para la gestión del talento humano del Gobierno Municipal del Cantón Bolívar. Revista ESPAMCIENCIA 6(2): 77-88.
- Oskoui, E.K and B.D. Witney. 1982. The determination of plough draught—part I: prediction from soil and meteorological data with cone index as the soil strength parameter. Journal of Terramechanics. 19: 97-106.
- Reveles C.D.A y Vázquez, M.J.L. 2008. Automatización de un Invernadero con el PLC S7-200. Tesis de Licenciatura. Asesores Rafael Villela Varela y M. en I. Aurelio Beltrán Télles. Universidad Autónoma de Zacatecas. Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica Zacatecas, Zac. 155p.
- Sørensen, C.G. 2003. Workability and machinery sizing for combine harvesting. Department of Agricultural Engineering, Danish Institute of Agricultural Sciences, Research Centre Bygholm, PO Box 536, 8700 Horsens, Denmark. E-mail: Claus.Soerensen@agrsci.dk. Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript PM 03 003. 5:19
- Toro, A. 2004. Assessment of field machinery performance in variable weather conditions using discrete event simulation. Doctoral thesis. 1-69
- William, F.L. 2015. Machinery cost estimates. University of Minnesota Extension. 8 p. Consultado: 12 diciembre 2015. <http://www3.extension.umn.edu/sites/default>.
- Yousif, L.A., H.D. Mohamed and R. El R. Haitham. 2013. Crop machinery management system for field operations and farm machinery selection. Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development. 5(5): 84-90.